DER

STENSON'SCHE VERSUCH.

INAUGURAL-DISSERTATION,

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

STRASSBURG

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

AM 6. AUGUST 1873

VON

ADOLPH WEIL.

MÜNCHEN, 1873.

DRUCK DER DR. WILD'SCHEN BUCHDRUCKEREI (GEBR. PARCUS).

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: **Prof. Dr. Leyden.**

Der Decan:

Prof. Dr. Lücke.

ERSTER ABSCHNITT.

Geschichte des Stenson'schen Versuches.

Die ersten Nachrichten über diesen Versuch finden wir in einem Werke aus der 2. Hälfte des 17. Jahrhunderts von *Nicolaus Stenon*, das aber nur in sehr wenigen Exemplaren zu existiren scheint, denn ich hatte zur Erlangung desselben vergeblich bei 3 Universitäten angefragt. Schliesslich jedoch hatte Herr Professor Leyden die Güte, sich an die Universitätsbibliothek in Göttingen zu wenden, von wo er auch das Buch in 2 Ausgaben erhielt.

Dieselben unterscheiden sich nur durch das äussere Format des Buches und dadurch, dass das eine 1667 in Florenz, das andere 1769 in Amsterdam gedruckt ist. Die zweite Auflage ist ganz unveränderter Abdruck der ersten.

Der Titel des Buches lautet:

„Nicolai Stenonis Elementorum Myologiæ Specimen: seu Musculi descriptio Geometrica. Cui accedunt Canis Carchariæ dissectum Caput, et Dissectus piscis ex canum genere."

Bei Gelegenheit der Section des Kopfes dieses canis Carchariæ, (nach dem Verfasser = Lamia, wahrscheinlich eine Hayfischart) erwähnt Stenon den Versuch, und fand dabei, dass bei Unterbindung der Aorta abdominalis die hintern Gliedmassen ihre active Beweglichkeit verlieren, dieselbe aber wieder bekamen, so oft der Knoten gelöst wurde.

Was er jedoch für den Grund dieser Erscheinung hielt, ist nicht leicht zu entnehmen, weshalb ich die Stelle unten wörtlich citire. *)

Wollte er beweisen, dass das Rückenmark selbst motorische Nerven liefere, dass also durch die aufgehobene Blutzufuhr dieses und mit ihm die Nerven gelähmt werden, oder wollte er die Lähmung dadurch erklären, dass eine eigene Muskelthätigkeit bestehe, die durch das Fehlen des arteriellen Blutes vernichtet werde?

Man sollte wohl das erstere annehmen, da es sonst unklar ist, warum er das Experiment gerade hier erwähnt; die allgemeine Ansicht dagegen war, dass er das letztere bezwecken wolle, wenigstens ist es daraus zu entnehmen, was in dem Werke *Albert von Haller's: Elementa physiologiæ corporis humani, Lausanne* 1762, enthalten ist. In dem Capitel, wo Haller als eine Hauptbedingung der Leistungsfähigkeit der Muskeln die Zufuhr des arteriellen Blutes anführt, sagt er:

> „Qui Cl. viri ad ejusmodi theorias inclinarunt, potuerunt quidem experimento uti, quod Stenonio vulgo tribuitur. Ligata nempe arteria aorta, resolvi artus posteriores; et vicissim redire vires, quando vinculum removetur."

---

*) Sie lautet:

„Cum itaque plures a spinali medulla nervi exeant; quam qui per ejusdem medullae caput a cerebro descendere possint; cum fibrarum e solo cerebro exeuntium numerum numerus fibrarum carnearum immense excedat, patet jure dubitari, an omnes operationes animales a solo cerebro exspectandae sint.

Scio ultimae difficultati reponi posse, eandem fibram nerveam plures carnes ad motum posse determinare: nec ignoro, ad primam difficultatem posse responderi, quantum crassitiei spinalis medullae decedit per nervearum fibrarum emissionem, tantundem, et amplius eidem accedere posse per novam substantiae griseae accessionem. Sed cum certa hic desint experimenta, dubiis annumerantur. Possem alio argumento cerebri officium hactenus a plerisque receptum in dubium vocare; cum viderim ligata aorta descendente sine praevia sectione, partium posteriorum omnium motum voluntarium toties cessare, quoties vinculum stringebam, iterumque tot vicibus redire; quod vicibus nodum laxabam: id quod aliquot ab hinc annis observatum variis in locis demonstravi, praecipue Florentiae, ubi sublato vinculo supervixit canis sine ullo motus incommodo. Cum vero restent necdum tentati alii modi idem peragendi, nihil amplius de illo hic addam. Plura de cerebro dubia in illo discursu proposui, quem inter Amici manus Parisiis reliqui."

Dass diese Ansicht lange Zeit die herrschende war und trotz überaus zahlreicher Versuche fest sich erhielt, geht aus dem hervor, was Haller als Beleg für seine Meinung anführt:

„Multi Cl. viri idem periculum repetierunt eventu simili."

Dabei zählt er die stattliche Reihe von folgenden Namen auf:

„J. Swammerdam, C. Bartholinus, Brunner, Vieussens, König, Bohn, King, Cowper, Courten, Astruc, Raauw, Pascoli, B. Langrish, la Mure, Hingaut, le Cat, Lorry."

Aber auch nach Haller finden wir in der Literatur den Stenson'schen Versuch immer nur als Beweis für dessen Ansicht erwähnt, ohne dass sich Jemand eingehender mit demselben beschäftigt zu haben scheint, bis sich endlich fast gleichzeitig im Laufe des Jahres 1852 zwei Forscher daran machten, neue Untersuchungen anzustellen:

Brown-Séquard in Paris, und Stannius, damals Professor in Rostock.

Vor dem Berichte über deren Experimente seien hier einige Worte über die bis dahin gebräuchliche Methode der Unterbindung angeführt:

Es wurde dem zum Versuche verwendeten Thiere (meistens Kaninchen) ein Bauchschnitt im Verlauf der linea alba gemacht, die Muskeln, Fascien und das Peritonäum getrennt, und, nachdem die Eingeweide bei Seite gelegt oder geschoben, die Aorta unterhalb des Abganges der Art. renales unterbunden. Dann wurde die Wunde nach Reposition der Gedärme mit Nähten wieder geschlossen. Wollte man also, was ja immer geschah, die Ligatur wieder lösen, so musste die ganze Operation wiederholt werden. Trotzdem aber werden wir im 2. Theile sehen, dass sie für gewisse Fälle doch die zweckmässigste Methode ist.

Brown-Séquard erwähnt den Versuch eigentlich nicht mit Namen, da er aber in seiner Arbeit zeigen wollte, wie die Muskeln, die nach Abschneidung der arteriellen Blutzufuhr ihre Erregbarkeit verloren, dieselbe durch erneute Blutcirculation wieder erlangten, so wurde er ebenfalls als Stütze für die Erklärung des Stenson'schen Versuches angenommen.

Sein Aufsatz, dessen kurzgefasster Inhalt hier folgen möge, ist enthalten in den *Comptes rendus, Tom. XXXII, pag.* 855 *und* 897.

Nach dem Vorgange von James Philipps Kay, der einige Jahre früher schon gefunden habe, dass Muskeln, die ihre Reizbarkeit verloren hatten, dieselbe durch neue Blutzufuhr wieder bekämen, machte er an Thieren, die seit einer Stunde getödtet, aber schon 8—10 Tage früher der Nerventhätigkeit beraubt waren, Versuche, indem er Blut in ihre Gefässe einspritzte. In einem Falle nun will er gesehen haben, dass die schon von Starre befallenen Muskeln diese wieder verloren und die Reizbarkeit zurückkehrte.

Weitere Experimente sind folgende:

Er durchschnitt an Kaninchen- oder Meerschweinchenleichen, die seit 10 oder 20 Minuten von Todenstarre befallen waren, die Aorta und vena cava abdominalis ein wenig oberhalb ihrer Verzweigung, setzte sodann durch einen Federkiel oder eine Glasröhre das peripherische Ende dieser Gefässe mit denen eines lebenden Thieres derselben Gattung in Verbindung, so dass dessen Blut in den Hinterextremitäten des getödteten Thieres circulirte. Als Erfolg sah er die Starre nach 6 — 10 Minuten schwinden, nach weiteren 2 Minuten die Muskeln und Nerven auf Reiz wieder Erregbarkeit zeigen.

Folgende Versuche bezeichnet er als einfacher als die vorhergehenden:

Um jede Communication zwischen hinterer und vorderer Hälfte aufzuheben, schnitt er Kaninchen oder Meerschweinchen mitten durch in zwei Hälften und liess nur die Verbindung der Aorta und vena cava abdominalis bestehen. Sodann unterband er die Arterie direct unter dem Abgang der Nierenarterie und sah dabei die Reizbarkeit der Muskeln allmählig abnehmen und schon nach 15 bis 40 Minuten der Starre derselben Platz machen. Nachdem er diese 10—20 Minuten hatte dauern lassen, löste er die Ligatur wieder, worauf sich die Circulation in den hinteren Gliedmassen sogleich wiederherstellte. Der Erfolg war ein allmähliges Verschwinden der Starre und eine wiederkehrende Erregbarkeit der Muskeln und motorischen Nerven.

Eine letzte Reihe von Versuchen unternahm Brown-Séquard, um zu finden, ob in Gliedern, in denen bereits Starre vorhanden, die activen Bewegungen und die Sensibilität wieder hergestellt werden könnten. Er unterband dazu an kräftigen Thieren die Aorta unterhalb der art. renalis, und sah die Sensibilität in 6—8—10 Minuten, die Motilität 2 Minuten nach ihr erlöschen; die directe Reizbarkeit dauerte ungefähr 1 Stunde; die Starre war nach 1 bis 1 Stunde 20 Minuten nach der Unterbindung eingetreten. Nach ¼ stündiger Dauer derselben löste er die Ligatur wieder, worauf nach Wiederherstellung der Circulation in den Hinter-Extremitäten sich zuerst die Reizbarkeit der Muskeln und motorischen Nerven, nach ihr die active Beweglichkeit, zuletzt die Sensibilität wieder herstellte.

Als Resultat seiner Versuche ergeben sich ihm folgende 3 Punkte:

1) Muskeln, die von Starre gleich der Todenstarre befallen sind, sind nicht wirklich abgestorben, sondern haben, wenn sie auch thatsächlich nicht mehr wirken, doch noch die Befähigung zum Leben.

2) Motorische sowohl als sensible Nerven, welche in Gliedmassen, die der Circulation beraubt sind, die Eigenschaft, auf Reiz je nach ihrer Beschaffenheit zu reagiren, verloren haben, sind im Stande, diese Fähigkeit durch den Einfluss des Blutes wieder zu erlangen.

3) Säugethiere, bei denen in Gliedmassen, die der Blutzufuhr entbehrten, sich schon nach 10—20 Minuten Muskelstarre ausgebildet hatte, können dieselbe unter der erneuten Circulation wieder verlieren, Sensibilität und willkührliche Bewegung können sich wieder einstellen.

Einige Zeit nach Veröffentlichung dieser Versuche machte Brown-Séquard einen solchen an einem Enthaupteten. Diesem spritzte er 13 Stunden nach der Hinrichtung defibrinirtes venöses Blut ein und kam durch die dabei gemachten Beobachtungen zu dem nicht als positiv geltend, sondern als seine Wahrnehmung angeführten Schlusse, dass Muskeln eines seit 13 Stunden ver-

storbenen Menschen, die seit wenigstens 2 Stunden nicht mehr reizbar und von Todtenstarre befallen waren, unter dem Einfluss der Blutinjection in ihre Gefässe, ihre Starre wieder verlieren und mehrere Stunden hindurch reizbar werden konnten.

Eine 27½ Stunde nach dem Tode in einen andern Körpertheil gemachte Injection blieb ohne Erfolg.

Kaum einige Wochen nachher erschien der bereits erwähnte Aufsatz von *Stannius* im *Archiv für physiologische Heilkunde von Vierordt, Jahrgang XI*, 1852, *pag.* 1 *ff.*

Derselbe bediente sich bei seinen Versuchen einer neuen von ihm erfundenen Operationsmethode, die in folgendem Verfahren besteht:

Dem in Rückenlage befindlichen Thiere wird ein Hautschnitt an der linken Seite von der Grenze der letzten Rippen anfangend, der Lendenwirbelsäule entlang, sodann nach Zurückziehung der Haut ein Einschnitt zur Seite des musc. sacrolumbalis gemacht. Die darunter folgenden Muskeln, den quadratus lumborum und psoas major zieht man mit stumpfen Haken stark zurück und sucht ohne Verletzung des Peritonaeums an die Aorta zu gelangen, deren Ligatur man mittels der Unterbindungsnadel herstellt.

Mit Hilfe dieser Methode machte *Stannius* seine Versuche, die theils zeigen sollten, ob die Entziehung des arteriellen Blutes durch Gefässunterbindungen vollständige Einbusse der Leistungsfähigkeit der Muskeln zur Folge habe, theils ob die wiederhergestellte Circulation auch die Rückkehr der verlornen Reizbarkeit zur Folge habe.

Die Reihe der Experimente für den ersten Punkt begann er mit der Unterbindung der Aorta abdominalis an einem trächtigen starken Kaninchen, Mittags 11½ Uhr, nach deren Vollendung Lähmung der Hinterextremitäten und Abnahme der Temperatur erfolgte. Reizungen erzeugen weder Schmerz noch Bewegung. Um 4 Uhr ziehen sich die Muskeln beider Hinterextremitäten auf electrischen Reiz noch deutlich zusammen. 8 Uhr Abends erschienen dieselben starr, wie von Todenstarre ergriffen und kalt,

am linken Bein weniger ausgebildet als am rechten. Um 10 Uhr war auf beiden Seiten jede Spur von Reizbarkeit verloren, die Starre vollkommen ausgeprägt. Das Thier starb nach 2 Stunden.

2) Morgens 8 Uhr wird die Unterbindung der Aorta abdominalis unterhalb der Art. renalis an einem nicht trächtigen Kaninchen gemacht. Lähmung der Hinterextremitäten und Nachschleppen derselben folgten unmittelbar. Um 11 Uhr 25 Minuten zeigte sich die Empfindlichkeit dieser Theile fast spurlos verschwunden. Die Temperatur des Thiers in der Achselhöhle beträgt 35°, die unter der Haut der Hinterextremitäten 19,6°. Auf Application der Electroden folgen noch deutliche Zuckungen aller Muskeln, Nachmittags 3 Uhr, sowie Abends 7 Uhr 30 Min. ebenfalls. Dabei lag das schwach gewordene Thier mit der rechten Seite auf dem Fussboden. Am andern Tag, Vormittags 11 Uhr war das Thier anscheinend sehr matt, die Muskeln der gelähmten Extremität noch immer deutlich reizbar; nirgends war Starre vorhanden. Abends 7½ Uhr endlich zeigte sich die rechte Extremität ausgeprägt starr, die linke erst um 9½ Uhr. Das Thier verendete um 11 Uhr.

Die Section ergab vollständige Unterbindung der Aorta, Leere der Arterien in den Hinterextremitäten, mässige Füllung ihrer Hautvenen. Magen und Gedärme voll von Speiseresten, Harnblase durch Urin aufgetrieben.

3) Unterbindung und Erscheinungen dieses Versuches waren ganz wie beim vorhergehenden. Abends 8 Uhr dagegen war weder Verlust der Leistungsfähigkeit der Muskeln, noch Starre eingetreten. Nachts starb das Thier.

Die Resultate des 3. und theilweise auch des 2. Versuches will Stannius auch in früheren Fällen gefunden haben; auffallender waren ihm diejenigen der 1. Operation. Er erklärt sich diesen Unterschied folgendermassen:

Früher schon habe er bemerkt (Lechler, Ueber die angebliche Nichtaufnahme narcotischer Gifte durch die Lymphgefässe. Rostock 1847, pag. 9), dass die Unterbindung der Aorta nach

seiner Methode den Hinterextremitäten durch die Anastomose der epigastrica inferior (aus der cruralis) mit der epigastrica superior (aus der mammaria interna) noch eine geringe Blutzufuhr gestatte. Diese sei im 1. Falle comprimirt gewesen durch die Ausdehnung des schwangern Uterus des Thieres, der 8 fast reife Foetus enthalten habe, während das Gleiche im 2. Falle bei der rechtsseitigen Lage des Thieres die gefüllte Harnblase verursacht habe, und dadurch sei die rechte Extremität 2 Stunden früher erstarrt als die linke.

Als er daher nochmalige anatomische Untersuchungen über das Verhältniss der Epigastricae zu den Crurales angestellt habe, habe er in den folgenden Versuchen die Crurales auch unterbunden und zwar zwischen dem Abgang der Art. profunda femoris und der epigastrica inferior.

15 Thiere operirte er auf diese Weise, indem er theils zuerst die Aorta, theils die Crurales zuerst unterband. Nach einer aufgestellten Uebersichtstabelle ergab sich, dass die Starre der Muskeln gewöhnlich nach 3—4, in einem Falle nach 6 Stunden, die Leistungsfähigkeit in einzelnen Fällen etwas vor Eintreten der Starre, in vielen gleichzeitig mit ihr, in manchen einige Minuten nachher erloschen war. Verlust der Motilität und Sensibilität folgten wie bei den anderen fast unmittelbar nach der Operation.

Als Resumé ergibt sich ihm nun:

1) Vollständige Unempfindlichkeit der centripetalen oder sensiblen Nerven für Eindrücke und Reize jeglicher Art. Bald nach der Operation zeigt sich keine Empfänglichkeit für mechanische Reize in der Hautbedeckung der Hinterextremitäten, so dass selbst die stärksten Misshandlungen vom Thiere nicht gefühlt werden.

2) Vollständiger Verlust des den motorischen Nerven eigenen Einflusses auf die Muskeln. Er äussert sich dadurch, dass der Willenseinfluss auf die Hinterextremitäten nicht mehr zur Geltung kömmt; ferner, dass Gifte, die vom Rückenmark aus auf die Nerven wirken, Anfangs ganz schwach, später aber gar nicht mehr die gelähmten Parthieen ergreifen, indem diese nicht von den

Krämpfen der anderen Theile befallen werden; ferner dass Muskeln von Nervenstämmen und Nervenzweigen aus nicht mehr zur Veränderung ihrer Lagerungsverhältnisse gebracht werden können, und endlich, weil die unmittelbare Berührung der Muskelmassen mit den Electroden keine solche Veränderungen der grösseren und zuletzt der kleinsten Muskelstrecken mehr hervorruft.

Endlich 3) folgt die vollständige Starre. Dass dieselbe mit der an Leichen beobachteten identisch sei, beweist er durch einen Fall, wo bei einem Thier, das 30 Stunden ungefähr nach eingetretener Starre verendet war, ein paar Stunden nach dem Tode diese am übrigen Körper auftrat, während die Hinterextremitäten schon im Anfange der übelriechenden Zersetzung begriffen waren.

Weitere Befunde waren noch:

1) Das Lumen sämmtlicher Arterien im Bereiche der Ligatur wurde immer verengt gefunden.

2) Die Venen, die etwas nicht geronnenes Blut enthielten, zogen sich auf electrische Reize noch zusammen, als dies bei den Muskeln mehrere Stunden nicht mehr der Fall war.

3) Die Temperatur der gelähmten Hinterextremitäten betrug selbst nach der Starre immer $2\frac{1}{2}$—7^0 mehr als die Zimmertemperatur.

Stannius geht nun, nach seinen eigenen Worten durch Alexander von Humboldt's Beobachtungen über den belebenden Einfluss des Blutes auf muskulöse Gebilde angespornt, zur Bearbeitung seines zweiten Satzes, ob die Leistungsfähigkeit der Muskeln durch die Blutcirculation wieder hergestellt werden könne, über.

Diese Versuche scheiterten mehrmals an der schnellen Bildung von Thromben in der Aorta, die die Circulationsherstellung unmöglich machten.

Folgende Fälle sind ihm geglückt: Nachdem einem Kaninchen um $7\frac{1}{2}$ Morgens die Aorta und beide crurales unterbunden waren, begann um 10 Uhr 15 Min. die Starre sich auszuprägen; 10 Uhr 45 Min. waren beide Hinterextremitäten starr und kühl. Um 11 Uhr

40 Min. bei Lösung der Ligatur ist das Einströmen des Blutes in die abgeschnürt gewesene Hälfte deutlich fühlbar; die Extremitäten werden etwas wärmer und um 12 Uhr ist die rechte flexibel, die linke bedeutend weniger. Einmal „scheint es", als ob jene selbstständig bewegt werde. Dagegen verursacht starkes Kneipen der Zehen noch kein Zeichen der Empfindung. 12 Uhr 25 Min. zeigen sich auf Einschnitte die Arterien mit hellrothem Blute gefüllt; die Muskeln zucken wieder auf Electricität, das sonst ruhige Thier strebt dabei vorwärts oder zuckt mit dem Vorderkörper, hat also wieder Empfindung. 12 Uhr 28 starb das Thier.

Die Section weist in der Aorta und den von ihr stammenden Gefässen hellrothes Blut nach. An der Unterbindungsstelle hatte sich ein ganz schmaler ringförmiger Thrombus gebildet, der jedoch die Circulation nicht hinderte.

Den folgenden Versuch vervollständigte Stannius durch die Prüfung der Leistungsfähigkeit der Muskeln vor Lösung der Ligatur.

Die Unterbindung der Aorta und beider crurales war um 7 Uhr 40 Min. vollendet. Um 12 Uhr reagirten die Muskeln der Unterschenkel nicht mehr auf electrischen Reiz, deutliche Starre war noch nirgends eingetreten. Um 2 Uhr 15 war dieselbe in der rechten Hinterextremität vollständig, in der linken noch nicht ganz ausgeprägt. Dagegen zuckten die meisten Stellen der Oberschenkel nicht mehr auf Anwendung der Electroden.

2 Uhr 35 wurde die Ligatur der Aorta, 2 Uhr 50 die der crurales gelöst. Um 3 Uhr 45 hatte die Starre der Hinterextremitären nachgelassen, 5 Uhr 35 war sie noch nicht verschwunden, aber die Muskeln zuckten auf electrischen Reiz. Am folgenden Morgen wurde das Thier todt gefunden. Die Starre war in allen Theilen gleich ausgeprägt.

Ein mehrere Tage später angestelltes Experiment ergab Folgendes:

Die Unterbindung war um 7 Uhr 40 vollendet. Ihr folgte vollständige Lähmung, um 9 Uhr 40 Beginn der Starre in den gelähmten Theilen. Ein Theil der Muskeln zuckte nicht mehr auf

electrischen Reiz. Um 10 Uhr 35 war die Starre überall vollkommen ausgeprägt. Um 11 Uhr wurde die Ligatur der Aorta, um 11 Uhr 10 die der crurales gelöst. In die linke Art. cruralis strömte das Blut sofort ein, in die rechte nicht. Um 1 Uhr 13 war nur die Starre der linken Extremität verschwunden; die Muskeln derselben zuckten überall um 2 Uhr 10 auf electrischen Reiz. Jetzt liess auch die Starre des rechten Beines etwas nach. Schmerz bei Einschnitten wurde nicht geäussert, dagegen zuckte bei Durchschneidung des nervus ischiadicus der rechten Seite der Vorderkörper deutlich. Bei Bloslegung des linken nervus ischiadicus und Reizung desselben zucken sämmtliche Muskeln der Extremität. Der rechte dagegen zeigt keinerlei Reaction. Das Thier wird jetzt getödtet; Sectionsergebnisse sind nicht angegeben.

Bei einem andern Kaninchen war die Operation um 8 Uhr 19 Min. vollendet. In der rechten Extremität war schon um 10 Uhr deutliche Starre, in der linken erst später; vollkommen war sie um 12 Uhr. Um 12 Uhr 27 wurden die Ligaturen gelöst und deutliches Einströmen von Blut in die unterbunden gewesenen Gefässe gefühlt.

Um 1 Uhr 42 begann die Starre zu weichen, zuerst links, dann rechts. 5 Uhr 30 war sie fast ganz gewichen. An den Oberschenkeln zuckten die Muskeln an den meisten Stellen, an den untern nur stellenweise. Um 8 Uhr war die Starre verschwunden und die electrische Erregbarkeit überall vorhanden. Sensibilität war noch nicht eingetreten, nur bei starkem Kneipen der Innenfläche des Oberschenkels zuckt das Thier. Die Beobachtungen wurden nicht fortgesetzt.

Hiemit schliesst Stannius die Reihe seiner Experimente und gibt als Wirkung der wiederhergestellten Circulation an:

1) Die mit dem rigor mortis identische Starre wird vollkommen gelöst.

2) Die motorischen Nerven und Muskeln werden wieder leistungsfähig.

3) Ebenso tritt die Function der sensiblen Nerven wieder ein.

4) Die oben erwähnte ungewisse Wahrnehmung von will-

kürlicher Bewegung deutet er dahin, dass auch diese sich restituire.

Man sieht nun, dass von den zu gleicher Zeit mit Stannius umfangreicher Arbeit publicirten Versuchen von Brown—Séquard, namentlich die letzte Reihe derselben, in Bezug auf den Zweck, den sie verfolgte, jenem analog war.

Nur hatte Brown—Séquard gefunden, dass zwischen Unterbindung und Eintritt der Starre immer 1 Stunde bis 1 St. 20 Min. lag, während sie Stannius in einem Falle in 30 Stunden, in den 15 später erwähnten nach 3—4 Stunden eintreten sah.

Die electrische Erregbarkeit erlosch bei Ersterem vor der Starre, Letzterer sah sie theils vor, öfters mit und manchmal kurz nach derselben schwinden.

Endlich löste Brown-Séquard behufs Wiederherstellung der Circulation die Ligatur $1\frac{1}{2}$ — 2 Stunden nach der Unterbindung, Stannius erst 3 — 4 — 5 Stunden nachher.

Letzterer will für die sich zeigenden Differenzen folgende Erklärung:

1) Brown-Séquard war zur Operation vom Bauche aus eingegangen, und dadurch sei der Kreislauf der vasa epigastrica unterbrochen worden.

2) Stannius bediente sich zur Prüfung der Leistungsfähigkeit der Muskeln des electro-magnetischen Rotations-Apparates, während Ersterer nichts darüber angebe und daher zu vermuthen sei, dass er sich der einfachen galvanischen oder mechanischen Reizung bedient habe.

3) Dass Brown-Séquard die Lösung der Ligatur viel früher vorgenommen habe, sei von wesentlichem Einflusse, indem sich bei ihm zu der Zeit noch gar kein Verlust der Leistungsfähigkeit der Muskeln gezeigt habe.

Den Schluss des Aufsatzes von Stannius bildet eine Reflexion über seine mitgetheilten Versuche, welche hier in allgemeinen Zügen angeführt sei:

Durch den raschen Verlust der Leistungsfähigkeit von Muskeln

und Nerven bei obigen Experimenten werde die Nothwendigkeit einer ununterbrochenen Wechselwirkung der thierischen Gebilde mit dem Blute recht deutlich, so dass die Bedeutung des Stenson'schen Versuches jetzt erst völlig klar dargelegt sei. Dadurch eben, sowie durch das lange Fortbestehen der Reizbarkeit von Nerven, die von ihren Centralorganen abgetrennt seien, zeige sich offenbar, dass der Verkehr der peripherischen Nerven mit dem Blute viel wichtiger sei, als ihre dauernde Communication mit den Centralorganen. Daher seien auch die Schlüsse falsch, die aus den Versuchen gezogen würden, nach Durchschneidung der Nerven eine eigene Reizbarkeit der Muskeln zu constatiren.

Im Gegentheile seien diese Versuche nur ein Beweis für die Unabhängigkeit der peripherischen Nerven von ihren Central-Organen hinsichtlich der Behauptung ihrer Leistungsfähigkeit. So erkläre sich auch, warum bei gewissen Thieren, z. B. bei den Cetaceen, die durch den lange andauernden Aufenthalt im Wasser oft die Respiration einige Zeit aussetzten, die centralen sowohl als peripherischen Organe der Nerven mit Wundernetzen von Gefässen zahlreich versehen seien.

Die beiden angeführten Arbeiten geben den Beweis, dass bis dahin die Ansichten über die Bedeutung der Erscheinungen des Stenson'schen Versuches nicht wesentlich sich geändert hatten. Namentlich war noch immer nicht vom centralen Nervenapparat, dem Rückenmark, die Rede, ob und inwiefern dieses betheiligt sei. Im Gegentheil suchte Stannius nachzuweisen, dass dieses gar keine wesentliche Rolle dabei spiele, dass die Abhängigkeit der peripherischen Nerven von ihm gar nicht wesentlich von Einfluss sei.

Einen Schritt weiter geht schon *Schiff* in seinem „*Lehrbuch der Physiologie des Menschen von J. M. Schiff, Professor in Bern. Lahr.* 1858—59."

In dem Capitel, das von dem Einflusse der Blutcirculation auf die Nerven handelt (pag. 182 ff.) stellt er den Satz auf, dass aus dem Blute beständig Stoffe austreten, die der Nerv zur Ergänzung seiner Masse benützt, während umgekehrt das zum Herzen zurück-

strömende Blut aus ihm die nicht mehr brauchbaren Elemente wegführt. Dass dieser Stoffwechsel im Innern der Nerven ein sehr lebhafter sein müsse, geht daraus hervor, dass schon in allerkürzester Zeit nach Unterbrechung des Kreislaufes die Nerventhätigkeit erlischt.

In Hinsicht auf diesen Satz wiederholte Schiff den Stenson'schen Versuch zu verschiedenen Malen. Dabei sah er, dass in Folge der Unterbindung der Aorta abdominalis die Lähmung der Hinterextremitäten bei Kaninchen sofort erfolgte, nur bei Hunden sah er eine allerdings geschwächte Beweglichkeit noch fortbestehen, die aber nach spätestens 10 Minuten vollständig erloschen war.

Machten aber die Thiere eine etwas heftige Bewegung mit den Hinterextremitäten, so erschlafften diese augenblicklich, so dass man daraus schliessen kann, dass der Kraftvorrath durch stärkere Bewegungen fast plötzlich aufgezehrt wird

Das Gefühl überdauert die willkührliche Bewegung, aber nur um eine ganz kurze Zeit. Ist auch dieses erloschen, so ist der Nerv noch 10—20 Minuten fähig, auf electrischen Reiz zu reagiren, diese Reaction wird dann schwächer und erlischt sehr bald ganz.

Schiff stellt nun den Satz auf, dass sich die motorischen Eigenschaften der Nerven augenscheinlich vom Rückenmark nach der Peripherie hin verlieren, so dass die obern Nerven-Stämme schon abgestorben sein können, wenn die untergeordneten Zweige noch reizbar sind. Am längsten sei die Leistungsfähigkeit der Nerven in den Muskeln selbst erhalten.

Die Empfindlichkeit will er in den blosgelegten Theilen des Unterschenkels früher haben schwinden sehen, als im Stamme des Ischiadicus, und da wieder früher in der Kniekehle als am Becken. Dies bestimmt ihn zu der Ansicht von Longet, der die Sensibilität vor dem Erlöschen als von der Peripherie nach dem Centrum sich zurückziehend annimmt, doch schliesst er die Möglichkeit nicht aus, dass sich vom untern Ende des Wirbelkanals her ein schwacher Seitenkreislauf im Oberschenkel besser ausbilden könne, als anderswo, und dass vielleicht auch dadurch an dieser Stelle die Sensibilität länger erhalten sei. Allerdings sei darauf deswegen kein

Gewicht zu legen, weil die geringe Empfindung sich bald ganz verliere, während bei Ausbildung eines Collateralkreislaufes das Gegentheil der Fall sein müsste.

Dass die Lähmung von den Nerven und nicht, wie man vermuthet, von den Muskeln ausgehe, hält er dadurch für genügend erwiesen, dass das Gefühl schwinde und die Reizbarkeit der Muskeln länger andaure als die der Nerven. Es sei aber wiederum ebenso leicht zu zeigen, dass durch die Unterbindung nicht nur die Nervenstämme, sondern auch der untere Theil des Rückenmarks gelähmt sei. Denn man könne denselben bei Kaninchen und Ratten im Bereich der Unterbindung bloslegen und reizen, ohne dass Gefühlsempfindungen entstehen. Dass dagegen die Nervenstämme unabhängig von der Betheiligung der Centra gelähmt werden könnten, gehe ausser den bereits angeführten Umständen noch daraus hervor, dass man die Nervenverzweigungen ganz isolirt lähmen kann, wenn man z. B. die Wurzel eines Taubenflügels so fest umschnürt mit Ausschluss der Nervenstämme, dass die Circulation sistirt sei.

Soweit die Ansicht von Schiff, der, wie man sieht, schon weiter als seine Vorgänger vorgeschritten war.

Von weiteren Physiologen lassen sich noch über das Thema aus:

Budge, in seinem *Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Leipzig* 1862, *pag.* 625 *ff.*

Er hat den Stenson'schen Versuch öfters wiederholt und zwar mit Eröffnung der Bauchhöhle, und gefunden, dass kaum nach einer Minute schon der Willenseinfluss des Thieres verloren ist. Man kann das Rückenmark, das möglichst rasch geöffnet wurde, mit den stärksten Strömen behandeln, ohne dass das Thier die geringste Empfindung zeigt. Electrische Reizung der Nerven bringt ebenfalls keinen Schmerz, sondern nur Muskelcontractionen hervor, die gleichfalls baldigst aufhören, Wird die Circulation wieder hergestellt, so kehrt zuerst das Gefühl, dann die willkührlichen Bewegungen zurück.

In weitere Ausführungen über die Abhängigkeit der Erscheinungen von einander lässt sich Budge nicht ein.

Funke, Lehrbuch der Physiologie, Band I, Leipzig 1863, *pag.* 776 *ff.*, bekennt sich im Allgemeinen zu der Ansicht von Schiff. Die Auslegung, dass die Lähmung darauf beruhe, dass der Muskel durch eingetretene Veränderung nicht mehr reagire, die Lähmung der motorischen Nerven also nur eine scheinbare sei, weist er entschieden zurück, indem er anführt, dass die motorischen Nerven*endigungen* zu einer Zeit noch erregbar seien, wo die Stämme bereits zur Reizung nicht mehr fähig sind.

Weniger beweisend sei die Lähmung der sensiblen Nervenfasern, da diese ausschliesslich auf Lähmung der centralen Empfindungsapparate (die wirklich eintrete, wenn die Anämie auch diese betreffe) beruhen könne; doch bleibe die wahrscheinlichste Annahme die einer directen Lähmung der motorischen und sensiblen Nevenfasern durch Hemmung der Circulation.

Hermann, Grundriss der Physiologie des Menschen, Berlin 1870, *pag.* 233, nimmt abweichend von den Anderen eine eigene Muskelreizbarkeit an und führt den Stenson'scheo Versuch als Beweis dafür an, dass dieselbe von der Ernährung des Muskels durch das arterielle Blut abhänge, von dem Einflusse der Nerven aber unberührt bleibe; und zwar sei es der Sauerstoff, der diese Ernährung bedinge. Denn man könne an einem ausgeschnittenen Muskel durch Hinzuleiten von Sauerstoff die Starre lange hinausschieben (pag. 228).

Die zuletzt erschienene zusammenhängende Arbeit endlich über das vorliegende Thema ist die von *Dr. Julius Schiffer in Breslau, im Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften, Berlin, Jahrgang* 1869, *pag.* 579 *und* 593.

Er machte die Unterbindung vom Bauche aus eingehend ebenfalls direct unter der Nierenarterie; dabei sah er binnen wenigen Minuten vollständige Lähmung eintreten; nach Wiederherstellung der Circulation, wenn die Ligatur nur kurze Zeit gedauert, kehrte die frühere Gebrauchsthätigkeit wieder zurück. Bei seinen Versuchen bediente sich Schiffer eines von Ludwig und Sczelkow angegebenen Compressoriums. Es bestand aus 2 Armen, von welchen der eine eine Pelotte trug, die die Aorta zwischen den

beiden Musc. psoae gegen die Wirbelsäule drückte, während der andere in eine gebogene Platte auslief, die auf dem Rücken aufliegend den Gegendruck übte. Zur Controle, ob nicht der Druck das Rückenmark beeinträchtige, machte er den Verschluss auch mittels Ligatur oder Schieberpincette und bekam dabei dieselben Resultate.

Die Annahme, dass der Sitz dieser Lähmung in der Muskulatur, oder nach Anderen in den peripherischen Nerven zu suchen sei, konnte Schiffer nicht theilen, denn er fand dieselbe namentlich durch die Chirurgie widerlegt, wo trotz häufiger Anwendung des circulären Tourniquets, das sogar bei unterdrücktem Puls noch liegen blieb, keine Berichte über daraus entstandene Lähmungen vorlagen. Ebenso hätte es auch in den Kriegs-Lazarethen von gelähmten Soldaten stets wimmeln müssen.

Im Gegentheil stellt er den Satz auf, dass die Erscheinung beim Stenson'schen Versuche nicht auf einer peripherischen, sondern auf einer durch Anämie bedingten Paralyse des Rückenmarks beruhe.

Den Beweis seiner Behauptung führt er durch folgende Experimente:

Während ein Kaninchen bei electrischer Reizung des Ischiadicusstammes schon bei ziemlich schwachen Strömen heftige Bewegungen und Zeichen des Schmerzes macht, so kann man nach Compression der Aorta unterhalb der Nierenarterien die stärksten Ströme einwirken lassen, ohne weder motorische noch sensible Reaction zu erzielen.

Worin liegt nun der Grund dieser Erscheinungen?

1) Was die Anästhesie betrifft, so ist die zweifache Auslegung denkbar, dass entweder die Nervenstämme oder ihre centralen Endapparate ihre Erregbarkeit verloren haben, indem die Nerven entweder von ihren peripherischen oder centralen Enden her ernährt werden und bei Versiegung der Nahrungsquelle sofort absterben.

Die Vorstellung einer Ernährung der sensiblen Nerven von

der Peripherie her schliesst nun Schiffer auf Grund folgenden Versuches aus:

Wenn man den Stamm des ischiadicus, nachdem man ihn vorher möglichst weit isolirt hat, um eine seitliche Blutzufuhr auszuschliessen, durchschneidet, so bekömmt man vom centralen Theil desselben noch Stundenlang eine eben so deutliche sensible Reaction, wie wenn der Nerv noch ganz unversehrt wäre. Also sind die sensiblen Nervenfasern von einer peripherischen Nahrungszufuhr ganz unabhängig, und die oben angeführte Anästhesie kann also nur vom Rückenmark ausgehen, und zwar von den sensiblen Ganglien desselben. Denn die Annahme, dass die Ganglienzellen intact bleiben, die Nervenstämme aber mit blitzartiger Geschwindigkeit vom Centrum nach der Peripherie hin absterben, widerspräche dem Gesetze von der Gleichartigkeit der Nerven, da die motorischen Fasern, vom Centrum getrennt, noch lange ihre Erregbarkeit behalten.

2) Die Abhängigkeit der motorischen Lähmung vom Centrum beweist er auf dem Wege der Exclusion:

Wenn man die Aorta weiter unten, direct über der Theilungsstelle unterbindet, so ist die Circulation für die Hinterextremitäten ebenso gestört wie bei höherm Verschlusse; denn dass ein Collateralkreislauf durch die Anastomose der in diesem Falle nicht unterbundenen Mesenterica inferior mit den Zweigen des Hypogastrica in der kurzen Versuchszeit sich nicht ausbilden könne, geht daraus hervor, dass man bei Präparation des ischiadicus vollständiger Blutleere begegnet. Um so auffallender dagegen ist der Unterschied der physiologischen Erscheinungen von denen des Stenson'schen Versuches. Das Thier bewegt nämlich noch lange nach der Unterbindung seine Hinterextremitäten ganz lebhaft, erst allmählig werden die Bewegungen schwächer, und nach einer Stunde erst bildet sich die Lähmung aus. Wird jetzt der Nervenstamm gereizt, so tritt keine Muskelzuckung mehr ein, ein Beweis, dass man also hier wirklich eine peripherische Lähmung vor sich hat, die durch Unterbrechung der Leitung in der Nervenbahn eintritt. Ohne Zweifel also ist die Lähmung des Stenson'-

schen Versuches als von den motorischen Rückenmarksganglien ausgehend zu betrachten.

Was dabei die sensiblen Nerven betrifft, so sind ihre Endapparate in der Haut zu gleicher Zeit mit den motorischen Muskelnerven gelähmt, so dass das Thier bei den gröbsten mechanischen Verletzungen der Haut kein Zeichen des Schmerzes verräth. So wie man aber den Stamm des ischiadicus selbst reizt, so macht es, selbt noch nach mehreren Stunden heftige Fluchtversuche, ein Beweis, dass derselbe unabhängig von den peripherischen Enden seine Leitungsfähigkeit bewahrt hat.

Bei dieser Rückenmarks-Paralyse sind auch die Reflexbewegungen völlig erloschen.

Bei weitern Versuchen, bei denen Schiffer die Circulation wieder herstellte, erhielt er als Resultat, dass die Lähmung nur sehr langsam wieder schwand, und zwar um so später, je öfters die Lösung an demselben Thiere vorgenommen wurde, oder je länger die Compression gedauert hatte. Nach halbstündiger Unterbindungsdauer sah er die Lähmung einen ganzen Tag andauern. In einem andern Falle, wo die Aorta über $^3/_4$ Stunden comprimirt gewesen war, hielt die Lähmung des Thiers bis zu seinem am 4. Tage erfolgten Tode an, Sensibilität, willkürliche oder reflectorische Zuckungen fehlten gänzlich; nur bei directer Reizung erhielt man von Nerv und Muskel aus Zuckung. Auch sphincter und detrusor vesicae, sowie sphincter ani waren vollständig erschlafft. Er schliesst aus dem schnellen Eintritt der Lähmung und der langsamen Wiederherstellung auf einen sehr lebhaften Stoffwechsel in den Rückenmarksganglien.

Endlich zog Schiffer, um eine anatomische Bestätigung seiner Schlüsse zu haben, die Vertheilung der Blutgefässe in Betracht. Zur medulla spinalis gehen 2 Gefässgruppen, die eine von den Art. vertebrales kommend, bestehe aus den 3 Art. spinales, welche die ganze Länge des Rückenmarks herablaufen; die andere dagegen aus den rami spinales der Intercostal- und Lumbalarterien, die durch die foramina intervertebralia zum Rückenmark verlaufen. Da nur die rami spinales der Art. lumbales verschlossen seien, so

müssten es diese sein, die in den untern Parthien vorzugsweise die graue Substanz versorgen.

Zur Darlegung des Sachverhalts machte er an Kaninchenleichen, denen die Aorta abdominalis unterbunden war, Injectionen mit gefärbter Leimlösung theils in den Bulbus der Arterie, theils in den Bauchtheil. Mikroskopische Präparate, die zum Aufschluss hätten dienen können, gelangen ihm nicht, dagegen seien die 3 Art. spinales mit ihren Aesten, sowie die rami spinales gefüllt gewesen oberhalb der Ligatur, die untern dagegen leer und zwar in ziemlich scharfer Abgrenzung mit der Unterbindungsstelle. Das Rückenmark selbst mit seinen Gefässmaschen erschien oben gefärbt, unten blass.

Das Resultat des zweiten Verfahrens wird nicht angegeben.

Nach dieser Schilderung des Einflusses der Anämie auf den centralen Nervenapparat führt der Autor noch Weniges über ihre Wirkung auf den peripherischen an, und zieht aus dessen Verhalten den Schluss, dass er höchstwahrscheinlich von jeder Nahrungszufuhr in hohem Grade unabhängig sei, lässt sich aber nicht weiter darüber aus. Bemerkenswerth scheint ihm noch, dass sich die Lähmung immer ohne vorhergehendes Stadium der Erregung ausbilde.

Zum Schlusse reiht sich hier noch eine Notiz von *Prof. Du Bois-Reymond in Berlin* an *(Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois, Jahrgang* 1860), welcher eine einfachere, unblutigere Methode des Stenson'schen Versuches hauptsächlich zum Zweck der Demonstration in Vorlesungen angibt.

Das Thier, das nicht befestigt zu sein braucht, wird in sitzender Stellung von einem Gehilfen mit einer Hand am Nacken, mit der andern in der Kreuzgegend gehalten. Rechts über dem musc. quadratus lumborum in der Höhe des 4. Lendenwirbels (wobei nicht zu übersehen, dass das Kaninchen 7 Lendenwirbel hat) wird ein ganz kleiner Hautschnitt gemacht, und durch denselben eine Nadel von folgender Construktion eingestossen. Die Nadel ist breit, vorne nach Art eines Troicart zugespitzt und hat die Gestalt

eines Halbkreises von 60—80 Mm. Durchmesser (60 für mittlere, 80 für ganz starke Thiere berechnet). Sie liegt in einer Scheide von $2\frac{1}{2}$—3 Mm. Durchmesser. In das am stumpfen Ende befindliche Oehr wird starke seidene Plattschnur eingefädelt und doppelt genommen. Vor dem Versuche muss sie eingeölt werden, ebenso Nadel und Scheide. Hat man nun langsam, um keine Darmschlinge zu verletzen, soweit eingestossen, dass die vordere Mündung der Scheide in die Bauchhöhle eingedrungen ist, was man leicht am Aufhören des Widerstandes fühlt, den die stumpfe Mündung beim Durchdringen durch die Gewebe bewirkt, so zieht man die Spitze in die Scheide zurück und dringt so mit der stumpfen und deshalb ungefährlichen Mündung durch die Wurzel des Mesenteriums, was man bei starken Thieren deutlich fühlt. Merkt man nun mit dem links aufgesetzten Finger, dass dieselbe an der innern Bauchwand angekommen ist, so stösst man die Spitze wieder vor, dringt so durch die Bauchwand, und zieht die doppelte Schnur an der Nadel nach, während man die Scheide auf der anderen Seite herauszieht. Die Schnur wird dann über dem processus spinosus des 4. Lendenwirbels zugezogen, wodurch die Gefässe im Innern der Bauchwand comprimirt werden. Zur Verstärkung bindet man über einem elastischen Gegenstand, z. B. über einem Korkpfropfen.

Abgesehen von der Schnelligkeit und Reinlichkeit dieser Methode kann man dabei die Ligatur sehr bequem wieder lösen, die man gar nicht herauszunehmen braucht, sondern nur ein paar Mal leise hin und her schiebt, wodurch man den Versuch, so oft man will, wiederholen kann. Auch ist die Verletzung des Peritonäums nicht sehr bedeutend, so dass, wenn das allerdings einen starken Reiz setzende Band sehr bald wieder entfernt wird, die Thiere sich vollständig erholen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Eigene Untersuchungen.

I.

Die Methode, welche ich in meinen Experimenten anwendete, war in der Mehrzahl der Fälle die nach Du Bois, ihrer Einfachheit wegen. Sie ist aber auch vollständig genügend und beweisend.

Gegen diese Methode ist eingewendet worden, dass das Rückenmark comprimirt werde, ein Einwand, den ich, wie ich glaube, widerlegen kann durch das sogleich mitzutheilende Experiment 4 in Absatz II. Die Umschnürung der Aorta war mir misslungen, und trotz der kräftigsten Zusammenschnürung trat keine Lähmung ein.

Zuvor hatte ich nach Stannius operirt. Diese Experimente, 2 an der Zahl, welche ich unten folgen lasse, lassen zwar die Erscheinungen deutlich genug erkennen, sind aber so blutig, dass die Thiere nicht lange überleben. Ich habe die Methode daher nicht weiter benützt.

Endlich in der letzten Reihe meiner Versuche, welche ich gerade für die wichtigsten halte, habe ich die Unterbindung der Aorta von der Bauchhöhle vorgenommen. Diese Operation wurde von den Kaninchen relativ gut ertragen, so dass die Beobachtung in keiner Weise gestört war. Sie überlebten, wenn keine weiteren operativen Eingriffe gemacht wurden, die die Tödtung nothwendig

machten, 24—35 Stunden. Diese Methode ist offenbar die zuverlässigste und beweiskräftigste, weil man direct die Aorta vor sich hat, die Stelle, wo man sie unterbindet, controliren kann und der vollständigen Zusammenschnürung sowie des Treffens der richtigen Stelle sicher ist. Diese Ansicht theilt auch *Budge*, der in seinem Lehrbuche (pag. 542, Anm.) sagt: „die von Du Bois angegebene Methode, ohne Eröffnung des Bauches von den Wirbeln aus die Aorta zu umstechen scheint nicht zweckmässig, weil man nicht mit Sicherheit bestimmen kann, ob die Operation exact ausgeführt ist". Er bediente sich immer des Bauchschnittes.

II.

Versuche nach Stannius.

1) 27. März 11 Uhr. Die Unterbindung ist um 11 Uhr 20 M. vollendet; das Thier verlor dabei durch die Muskeleinschnitte viel Blut. Die Lähmung trat unmittelbar, ungefähr 1 Minute nach der Operation ein. Auf starken electrischen Reiz (ich bediente mich hier, wie in allen Fällen, des constanten Stromes) wurden noch einige Secunden länger Schmerzensäusserungen gemacht. Das Thier verendete so schnell, dass die Untersuchung nicht fortgesetzt werden konnte.

2) 29. März 11 Uhr Unterbindung. Die Lähmung tritt sofort ein, dagegen wird das Thier bei starken Strömen sehr unruhig, und schreit sogar einmal laut auf. Nach ungefähr 30 Secunden erfolgt keine sensible Reaction mehr. Auch bei diesem Thier war starker Blutverlust, so dass wegen der Schwäche nicht recht experimentirt werden konnte.

In beiden Fällen hatte sich ausgeprägte Anämie der unteren Theile gezeigt.

III.

Operationen nach Du-Bois.

1) 1. April 11 Uhr 20 Min. Sofort nach der Unterbindung war vollsändige Lähmung eingetreten. Die Muskeln des linken Schenkels und zum Theil auch des Rückens wurden jetzt bloss-

gelegt und zeigten vollständige Blutleere. Auf Stich in die Vorderpfoten oder auf Berührung des Auges reagirt das Kaninchen lebhaft, Verletzungen der hinteren Extremität werden nicht beachtet; ebenso wird den passiven Bewegungen in den vordern Extremitäten Widerstand entgegengesetzt, die hintern sind vollständig schlaff, aber auch keine Spur von Starre. Querschnitte an den blossgelegten Muskeln zeigen nicht die geringste Blutung:

11 Uhr 37. Bei 2 Elementen tritt an den Muskeln des Oberschenkels schwache Oeffnungs- und Schliessungszuckung auf, ebenso an den Rückenmuskel unterhalb der Ligatur, an den durchschnittenen mit nachfolgenden fibrillären Zuckungen. An den blossgelegten Rückenmuskeln oberhalb der Ligatur ist die Reaction stark und Empfindung lebhaft; ebenso auch ist sie an den Muskeln des Unterschenkels noch ganz lebhaft. Es wird nun der nervus ischiadicus herausgeholt und auf einer Glasplatte isolirt, was nicht das geringste Zeichen von Empfindung verursacht. Bei 2 Elementen tritt keine Reaction mehr an demselben ein.

11 Uhr 50. 2 Elemente. Der Nerv reagirt nicht mehr, die Muskeln noch deutlich.

11 Uhr 55. 4 Elemente. Der Nerv zeigt schwache Schliessungs-Zuckung.

12 Uhr 15. 6 Elemente. Der Nerv reagirt schwach, die Muskeln noch ebenso stark auf 4 Elemente. Das Thier verendete.

2) 4. April. Die um 12 Uhr gemachte Unterbindung hatte unmittelbare Lähmung zur Folge, bei Anwendung von 20 Elementen werden noch mehre Secunden lange heftige Schmerzensäusserungen gemacht.

12 Uhr 5. Lösung der Ligatur. Bei 6 Elementen äusserst lebhafte Zuckung der Hinterextremitäten, aber keine Spur von Empfindung; an der Schulter treten bei gleicher Stromstärke nur schwache Zuckungen auf.

12 Uhr 9. Es werden Bewegungen des Schwanzes wahrgenommen. Bei starkem Strome springt das Thier auf und bewegt die Hinterfüsse etwas.

12 Uhr 12. Das Thier setzt sich auf die Hinterbeine und will bei starkem Strome entfliehen; doch sind die Bewegungen noch paretisch.

12 Uhr 24. Auf mechanischen Reiz ist die Reaction an der hintern Extremität viel stärker als vorn. Bei 4 Elementen sind vorne fast keine, hinten sehr starke Schliessungszuckungen wahrzunehmen.

Um 12 Uhr 30 wird die Aorta von neuem comprimirt. Die Lähmung trat sofort ein; Schmerz wurde noch einige Secunden gefühlt. Bei nachfolgender Blosslegung der Muskeln und des nervus ischiadicus säuft das Thier, keinerlei Empfindung zeigend. Das Muskelzittern ist abermals zu bemerken.

12 Uhr 55. Bei 2 Elementen erhält man vom Nerv aus keine Zuckung mehr, wohl aber von den Muskeln, an der Vorderextremität ist die Reaction stärker.

1 Uhr. Der Nerv ist auf 8 und mehr Elemente nicht mehr reizbar.

1 Uhr 10. Selbst die stärksten Ströme wirken auf den Nerv nicht mehr, auf die Muskeln noch schwach. Um 1 Uhr 50 war alle Erregbarkeit erloschen und zugleich Starre der hinteren Extremitäten eingetreten. Die Ligatur wurde jetzt abermals gelöst, doch blieb das Thier bis zu seinem am nächsten Tage Morgens 9 Uhr erfolgten Tode gelähmt.

Die Section ergab geringes Oedem der Muskeln der Hinterbeine, starke Füllung des Magens und der Gedärme mit Speiseresten, die Harnblase ganz voll von Urin.

Das Rückenmark zeigte unten etwas weiche Consistenz, fühlt sich oben etwas derb an; mikroskopisch war nichts verändert, auch nicht an Muskel und Nerv.

3) 9. April. 1 Uhr. Unterbindung an einem männlichen Thiere. Der hintere linke Schenkel wird rasirt. Zur Prüfung des electrischen Verhaltens wird ein nicht operirtes Thier ebenfalls rasirt und als Vergleichsobject genommen.

Die Folgen der Ligatur sind die gewöhnlichen. Beim operirten Thiere treten sofort starke Erectionen des Penis ein. Die electrische Reaction ist direct nach der Operation an beiden gleich.

1 Uhr 10. Unterschied noch nicht wahrnehmbar.

2 Uhr 40. 4 Elemente erregen noch schwache Zuckungen, beim gesunden Thiere sind sie auf 2 sehr stark.

Noch um 6 Uhr 30 war schwache Zuckung auf 6 Elemente merklich, doch war der Nerv nicht blosgelegt.

Am nächsten Morgen war vollständige Starre und keinerlei Erregbarkeit vorhanden.

Beim Aufheben des Thieres lief der Urin tropfenweise ab, bei Druck auf die Blase entleerte sich derselbe in ziemlicher Menge. Das Thier starb um 10 Uhr. Die Erectionen des Penis waren bis zum Tode geblieben; auf mechanische Verletzung desselben hatte es keinerlei Empfindung gezeigt.

Das Rückenmark zeigte wieder unten die weiche Consistenz; dabei war es hier glänzend feucht, oben ganz trocken. Mikroskopisch war wieder nichts Verändertes wahrzunehmen, desgleichen bei Nerv und Muskel.

4) 10. April. Bei diesem Versuche trat trotz des heftigsten Zusammenschnürens, sogar mittels zweier Hebel, die Lähmung nicht ein, sondern das Thier blieb vollständig Herr über seine Bewegungen. Dies war der beste Beweis für die Grundlosigkeit des Einwandes, der gegen die Methode von Du Bois gemacht wurde, dass die Lähmung durch eine directe Compression des Rückenmarks entstehen könnte. Denn die Section nach Tödtung des Thiers ergab, dass die Schnur, weil ich die zu kleine Nadel genommen hatte, hinter der Aorta durchgegangen war, sie hatte nur die Muskeln zwischen den Querfortsätzen der Wirbel getroffen.

Die folgende Reihe von Versuchen zeigte ziemlich gleiche Resultate, so dass dieselbe möglichst kurz beschrieben sei.

5) 12. April. Unterbindung 11 Uhr. Verlust der Motilität nach 1 Minute, der Sensibilität nach 1 Min. 20 Sec. Die electri-

sche Erregbarkeit des blosgelegten Nerven erlischt um 12 Uhr 20, die der Muskeln um 1 Uhr. Eintritt der Starre 1 Uhr 20. Um 2 Uhr verendete das Thier.

6) 14. April. Nach der um 11 Uhr 30 vollendeten Ligatur ist zwischen dem gesunden und kranken Thiere kein Unterschied auf Electricität bemerkbar, dagegen treten bei Letzterem wieder die Erectionen des Penis ein. Lähmung und Sensibilitätsverlust nach 50 Sec. und 1 Min. 15 Sec. 12 Uhr 50. Keine Reaction mehr auf electrischen Reiz, 1 Uhr Starre der Extremitäten.

In den beiden folgenden Fällen wurde die Ligatur wiederholt gelöst, dabei ergab sich, dass nach einer Unterbindungsdauer von 5 Minuten die Restitution nach 8 Minuten, nach einer solchen von $^1/_4$ Stunde dieselbe erst nach 3, resp. $3\,^1/_2$ Stunden eingetreten war.

7) 16. April. 10 Uhr 30 Unterbindung. Vor derselben auf 2 Elemente Schliessungszuckung; nach derselben auf ebensoviel bei Oeffnung und Schliessung.

10 Uhr 35 Lösung. Nachdem das Thier seine Motilität wieder vollständig erlangt hatte, wurde um 10 Uhr 45 abermals zugeschnürt; die Lähmung trat sofort ein. 11 Uhr. Abermalige Lockerung des Bandes. 12 Uhr 30 war noch keine Zuckung auf Electricität wahrzunehmen.

Nachmittags 2 Uhr waren überall Contractionen und Zeichen der Empfindung da, die Motilität trat erst um 2 Uhr 30 ein, blieb aber bis zu dem am nächsten Tage erfolgten Tode des Thieres paretisch.

8) 17 April. 9 Uhr 30 Unterbindung. Nach 5 Min. Lösung mit obigem Erfolg. 9 Uhr 50. Abermalige Compression mit sofortiger Lähmung. Die Erectionen des Penis, die beim ersten Male eingetreten waren, mit der wiederkehrenden Motilität wieder aufhörten, stellten sich jetzt abermals ein.

10 Uhr 10. Zweite Lösung.

11 Uhr 30 zeigten sich auf starke electrische Ströme schwache Zuckungen, doch noch keine Spur von Sensibilität.

12 Uhr 10 ist das Thier sehr unruhig und macht bei vielen Elementen Fluchtversuche; schwache Bewegungen der Hinterbeine werden um 12 Uhr 50 wahrgenommen; um 1 Uhr springt das Thier auf. Die Erectionen des Penis waren um 12 Uhr 55 sistirt; vorher zeigte das Kaninchen auf mechanischen Reiz starke Empfindlichkeit. Es starb am nächsten Mittag, wie die Section ergab, an Peritonitis.

9) 18. April. Dieselben Erscheinungen. Unterbindung 11 Uhr. Um 3 Uhr reagiren die Muskeln nicht mehr, zugleich bildet sich Starre in denselben aus.

10) 20. April. Hier wurde die Ligatur nach einigen Minuten wieder gelöst, ebenso lange dauerte es bis zur Wiederherstellung der Motilität. Nach erneuter Zuschnürung zeigte sich die Starre wieder mit dem Erlöschen der electrischen Erregbarkeit, $3\frac{1}{4}$ Stunden nach der Unterbindung.

Das Resultat der Section ergab in vielen Fällen Peritonitis, was doch hauptsächlich auf den Entzündungsreiz der breiten doppelten Plattschnur zu schieben ist, die in der Bauchhöhle lag.

Die hinteren, unterbundenen Parthieen der Thiere zeigten immer starke Anämie der Organe, Füllung der Venen mit dunkelblauem Blute, Feuchtigkeit und Oedem der Muskeln. Die Gedärme waren immer stark mit Faeces getüllt, die Blase war, da ihre Muskeln nicht mehr functionirten, stets voll.

Das Rückenmark zeigte namentlich bei Thieren, die über einen Tag gelebt hatten, in den unteren Theilen eine glänzende feuchte Masse, weiche Consistenz; bei Querschnitten quillt es unten stark aus den Meningen hervor, oben ist es hart, prall.

Die mikroskopischen Untersuchungen wurden in allen Fällen an Rückenmark, Muskel und Nerv gemacht, liessen aber, jedenfalls wegen der kurzen Zeit, noch keine Veränderungen nachweisen.

IV.

Unterbindung der Aorta von der Bauchhöhle aus.

Da die vorhergehenden Versuche alle auf eine Anämie des Rückenmarks mit Sicherheit deuteten, so unternahm ich 2 Experi-

mente mit Eröffnung des Wirbelkanals, um die Anämie der untern Theile ad oculos demonstriren zu können.

1) 3. Juni. Die Unterbindung bedingt die bekannten Erscheinungen. Bei der Oeffnung des Rückenmarks zeigt sich die Vena spinalis posterior unterhalb der Ligatur stark gefüllt und tiefblau gefärbt, oberhalb ist dieselbe entschieden leerer, das Blut heller. An der vordern Seite erscheinen die Arterien auch unter der Loupe unten leer, oben mit hellem Blute gefüllt. Die Muskeln sind am untern Theil des Rückens änämisch, oben blutig gefärbt. Bei der Eröffnung der Knochen zeigte sich unten tief schwarze, venöse, oben ganz helle Blutung. Wird das Rückenmark selbst mit der Zange berührt, so entstehen unten in den gelähmten Partheien nur Muskelzuckungen; oben dagegen schreit das Thier vor Schmerz laut auf, trotz der vor Beginn des Experimentes bekommenen Morphiuminjection. Selbst eine starke mechanische Quetschung unterhalb der Ligatur wird gar nicht beachtet.

Nach Tödtung des Thiers und Herausnahme des Marks erscheint dieses oben rosig gefärbt, unten anämisch. Auch die Durchschnitte zeigen diese Färbung.

2) 5. Juni. Dieser Versuch ergab bei Oeffnung des Rückgratkanals von unten her keine Schmerzensäusserungen, aber Muskelzuckungen der gelähmten Extremitäten, die Rückenmarksvene ist ausgedehnt, mit dunklem, dünnflüssigem bläulichem Blute gefüllt; die Substanz des Markes erscheint ebenfalls blass bläulich.

Bei der weitern Eröffnung des Wirbelkanals nach oben zu wird entsprechend der Unterbindungsstelle die Empfindlichkeit des Thiers äusserst lebhaft. Die Vene an diesen Stellen ist entschieden dünner, das Blut in ihr rosiger, heller als unter. Arterien sind hier mit der Loupe zu sehen. Die Eröffnung der Knochen hatte die Erscheinung wie beim vorigen Versuche gemacht.

3) 8. Juni. Die Blutung des Bauchschnittes war wie auch in den andern Fällen gering. Die Aorta wurde nun immer doppelt unterbunden und durchschnitten. Nachdem die Ergebnisse die oft geschilderten waren, wurde das Thier aus Schonung nicht weiter auf Electricität geprüft. Es starb nach 30 Stunden.

Ergebniss der Section: Das Rückenmark ist am untern Ende in der Gegend der Lendenanschwellung weicher als an der Hals- und Brustparthie; auf dem Durchschnitt ist die totale Blässe, besonders der grauen Substanz der unteren Theile auffällig und von der obern abweichend. Auch erscheint die Schnittfläche an den oberen Theilen trocken, unten glänzend, ödematös. Abgestrichene Parthieen der Substanz aus der Lendengegend lassen unter dem Mikroskop ungewöhnlich grosse Gerinnungsblasen des Myelin erkennen. Das Abstreichen von Substanz lässt sich unten sehr leicht, oben, wo dieselbe viel derber ist, nur schwer ausführen; Körnchenzellen oder fettige Degeneration werden nirgends gefunden. Die Muskeln lassen wegen des Oedems, das sich auch in ihnen ausgeprägt findet, sich sehr leicht in die einzelnen Bündel zerlegen, zeigen jedoch unter dem Mikroskop ebenso wie die peripherischen Nerven keine Veränderung.

4) 9. Juni. Die Operation dieses Thieres ergab die sofortige Lähmung; es lebte 24 Stunden. Die Section ergab ziemlich das gleichlautende Resultat mit dem vorhergehenden. Besonders auffallend war der plötzliche Uebergang der anämischen Färbung des Markes, genau der Unterbindungsstelle entsprechend, in eine rosa Farbe.

5) 10. Juni. An diesem Tage machte ich den letzten Versuch an einem Bocke, wobei ausser den gewöhnlichen Erscheinungen wieder die früher erwähnten Erectionen eintraten. Das Thier starb nach 35 Stunden.

Die Section ergab wieder die ödematische Beschaffenheit der gelähmten Muskelparthieen bis zur Mitte des Rückens.

Das Rückenmark zeigt sich unten weich, oben derb, unten auf dem Querschnitt quillt es stark hervor, wobei sich das Mark etwas abplattet, während es in den oberen Parthieen nicht über die Häute heraustritt und seine rundliche Gestalt behält. Die Schnittfläche ist oben trocken, unten glänzend, ödematös; die graue Substanz dort röthlich, hier blass gefärbt. Beim Abschaben zeigt sie sich unten weich, oben derb, hart. Mikroskopisch ist

mit Ausnahme der grossen Gerinnungsblasen des Markes nichts Abnormes zu entdecken, auch nicht an Muskel und Nerv.

Sehr schön war an diesen letzten 5 Versuchen noch zu bemerken, wie an den Gedärmen, von denen natürlich immer ein Theil herausgelegt werden musste, um zur Aorta zu gelangen, die Arterien sofort nach der Unterbindung sich zusehends mehr füllten und die Pulsation sichtlich stärker wurde.

V.

Resumé.

Eine nochmalige Aufzählung der Erscheinungen wäre bei der genauen und oft sich wiederholenden Schilderung meiner Versuche ermüdend; ich beschränke mich daher darauf, zu erwähnen, dass die Erscheinungen meiner Experimente im Allgemeinen denen anderer Autoren, namentlich Brown-Séquard's und Schiffer's sich anreihen. Die Sätze, die ich namentlich mit Rücksicht auf meine letzten Versuche aufstellen zu können glaube, sind folgende:

1) Das Rückenmark ist bei dem Versuche betheiligt, d. h. in seinem untern Theile ist die arterielle Blutzufuhr abgeschnitten, wodurch seine Function gestört ist und alsbald ganz erlischt.

2) Mit grösster Wahrscheinlichkeit kann man annehmen, dass die ersten Erscheinungen vom Rückenmark ausgehen; aber

3) in kurzer Zeit sind auch die Muskeln und Nerven anämisch, gelähmt und sterben ab.

Ad 1. Die Betheiligung des Rückenmarks geht aus folgenden Erscheinungen hervor:

a) Aus den Erectionen des Penis, welche sofort nach der Unterbindung auftreten und bis zum Ende verbleiben.

b) Aus der Betheiligung von Blase und Mastdarm. Erstere fand sich immer prall gefüllt und ausgedehnt, und beim Aufheben des Thieres träufelte der Urin ab; desgleichen war das Rectum bis hoch hinauf mit Koth gefüllt.

c) Sehr evident war gleich nach der Compression der Arterie

bei Bloslegung des Rückenmarks die Unempfindlichkeit desselben in den untern Theilen, so dass es selbst die stärksten Misshandlungen ohne Schmerzensäusserung des Thieres erträgt und auf electrischen oder mechanischen Reiz zuerst schwache, alsbald gar keine Zuckungen mehr hervorruft.

d) Die nach Bloslegung des Rückenmarkes nachweisbare arterielle Anämie mit venöser (passiver) Hyperämie erweist das Ergebniss der Versuche, das bläuliche Aussehen, die weiche Consistenz des Markes. Ueberdiess könnte aus dem anatomischen Verhalten der Gefässe von vornherein der Schluss gezogen werden, dass eine Unterbindung der Aorta an der fraglichen Stelle den arteriellen Blutstrom im untern Theile des Rückenmarks absperren muss. Ich beziehe mich hiebei auf die Arbeit *Rüdinger's: Ueber die Verbreitung des Sympathicus in der animalen Röhre etc. München* 1863, *pag.* 21 *und* 22.

Auf Grund zahlreicher genauester Untersuchungen gibt er folgende anatomische Schilderung der Rückenmarksarterien:

„Die Art. vertebrales, intercostales, lumbales und sacrales senden sämmtlich 3 Zweige durch die foramina intervertebralia in den Wirbelkanal. 1) Rami anteriores canalis spinalis 2) Rami posteriores canalis spinalis 3) Rami medullae spinalis. Die ersten beiden sind für die Wandungen und Häute des Wirbelkanals bestimmt. Der letzte Ast gelangt mit der Nervenwurzel durch die dura mater spinalis zum Rückenmark.

Während des Durchganges findet eine Theilung in 2 Zweige statt, wovon der eine, schwächere mit der hintern Rückenmarkswurzel, der andere stärkere mit der vordern zum Rückenmark gelangt. Sämmtliche hinteren Zweige bilden um die Austrittsstellen der Nervenwurzeln aus den sulci laterales posteriores des Rückenmarks zwei longitudinale geschlängelte Züge, welche in vielfacher gegenseitiger Verbindung stehen und auf der äussern Fläche der Pia mater, theilweise in die Substanz derselben eingelagert sind. Oben an der medulla oblongata senken sich Zweige, von der Vertebralis kommend, in die Arterienketten ein und unten an dem

Conus medullaris vereinigen sie sich zu einem dem filum terminale folgenden Gefässe.

An der vordern Fläche des Rückenmarks ist immer ein in der Mittellinie gelegener longitudinaler geschlängelter Arterienzug angebracht, welcher von Stelle zu Stelle durch die zutretenden vorderen Zweige verstärkt wird. Oben ist es die Vertebralis, welche den ersten Ramus spinalis hiefür absendet und unten setzt sich derselbe als dünnes Gefäss am filum terminale fort. Die mit den vorderen Nervenwurzeln verlaufenden Zweige treten an den Zug heran."

Hieraus ergibt sich, dass die von verschiedenen Autoren beschriebenen Arteriae spinales gar keine zusammenhängenden Gefässe sind, sondern dass dieselben von den rami medullae spinalis gebildet werden, während die Vertebrales nur das oben fehlende Stück liefern. Also folgt, dass nach Unterbindung der Aorta nicht nur die unterhalb der Unterbindungsstelle entspringenden Art. lumbales, sondern auch die von ihren rami medullae spinalis abgehenden Zweige, welche die arteriae spinales anterior und posterior bilden helfen, abgesperrt sind.

Auch *Sappey* sagt in seinem Werke über Anatomie, die von den Vertebrales entspringenden Art. spinales anterior und posterior seien so dünn, dass sie sich sofort erschöpfen würden, wenn sie nicht durch die zutretenden Zweige der rami spinales ergänzt würden.

Kussmaul und Tenner haben ebenfalls durch Compression des Aortenbogens links mit Ausschluss der subclavia vollständige Anämie des Rückenmarks bekommen *(Moleschott's Untersuchungen*, 1857, *Band III, pag.* 59*)*.

Ad 2. Die Beweise hiefür hat zum grössten Theil Schiffer in genügender Weise beigebracht. Er zeigte, dass eine analoge peripherische Lähmung sich viel langsamer entwickelt, ferner dass nach Unterbindung der Aorta der Unterschenkel länger reagirt als der Oberschenkel. Diesen Gründen, die ich in meinen Versuchen vollständig bestätigt fand, kann ich noch hinzufügen die unmittel-

bare Entstehung der Erectionen des Penis und die Lähmung der Sphincteren.

Ad 3. Dass weiterhin auch Muskel und Nerven absterben, beweist die vollständige Anämie derselben, die eintretende Muskelstarre und der schliesslich vollständige Verlust der Erregbarkeit. Auffällige histologische Veränderung der Gewebe war nicht zu finden, vermuthlich, weil die Thiere nicht lange genug den Versuch überleben.

Herrn Professor Dr. *Leyden*, meinem hochverehrten Lehrer, welcher mir das Thema gab, mir das Laboratorium der medicinischen Klinik gütigst zur Verfügung stellte und mich bei der Arbeit freundlichst unterstützte, sage ich hiemit meinen besten Dank.